

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
14 juillet 2005 (14.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/064143 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **F02D 41/02**

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/050694

(22) Date de dépôt international :  
15 décembre 2004 (15.12.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0315259 23 décembre 2003 (23.12.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **RE-  
NAULT S.A.S.** [FR/FR]; 13, 15, quai Alphonse le Gallo,  
F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **HODJATI,  
Shahin** [FR/FR]; 13, rue de Ridder, F-75014 Paris (FR).  
**BERT, Christian** [FR/FR]; 14, rue des 4 Vents, F-91360  
Epinay sur Orge (FR).

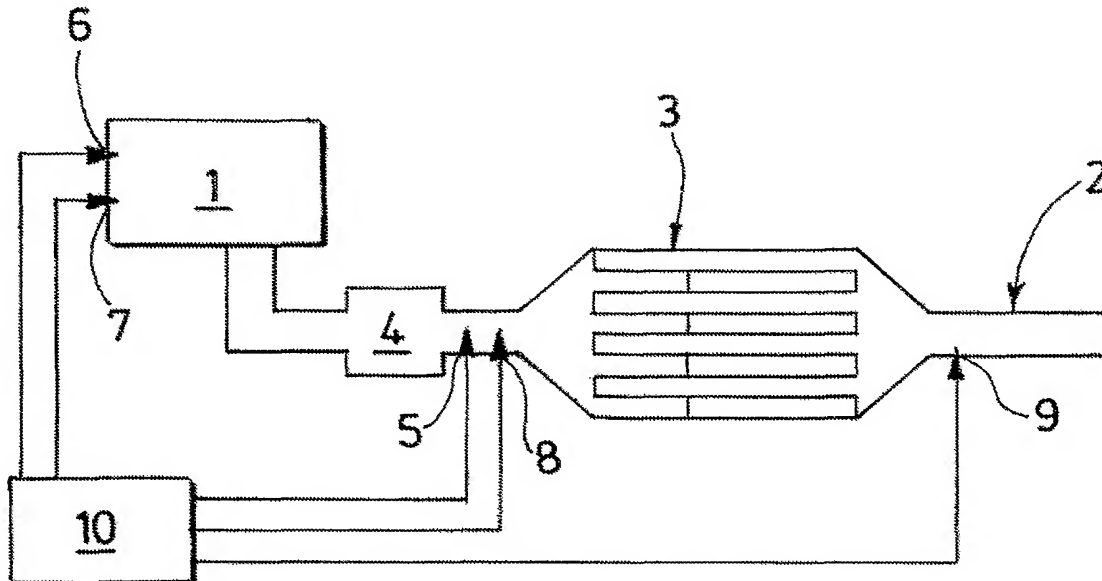
(74) Mandataire : **RENAULT TECHNOCENTRE**; S. 0267  
- TCR AVA 056, 1, avenue du Golf, F-78288 Guyancourt  
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR REAL TIME DETERMINATION OF THE MASS OF PARTICLES IN A PARTICLE FILTER OF A  
MOTOR VEHICLE

(54) Titre : PROCEDE DE DETERMINATION EN TEMPS REEL DE LA MASSE DE PARTICULES PRESENTE DANS UN  
FILTRE A PARTICULES DE VEHICULE AUTOMOBILE



(57) Abstract: The invention relates to a method for real-time determination of the mass of particles in a particle filter (3) fitted to the exhaust line (2) of an internal combustion engine (1). The following data - temperature  $T(t)$  of the exhaust gas at the filter input, oxygen  $[O_2(t)]$  and nitrogen oxide  $[NO_x(t)]$  concentration of the exhaust gases entering the filter - is used to calculate the rate of combustion of the particles in the particle filter with the aid of kinetic laws of chemical reactions of particle combustion. Said rate, the rate emission of particles from the engine  $F(t)$  and the mass of particles in the filter  $m_c(t-\Delta t)$  obtained during the cycle of operations prior to the moment  $t-\Delta t$ , is then used to calculate the mass of particles in the filter,  $m_c(t)$ :  $m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + F(t) V(t) \Delta t$ .

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/064143 A1



PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abstré :** L'invention concerne un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules (3) équipant la ligne d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne (1). A partir des données d'entrées suivantes: la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre, concentrations en oxygène  $[O_2(t)]$  et en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre, on calcule, en utilisant les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre à particules. Puis à partir de cette vitesse  $V(t)$ , de la vitesse démission de particules du moteur  $F(t)$  et de la masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ , obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ , on calcule la masse de particules présente sur le filtre,  $m_c(t)$ :  $m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t$ .

PROCEDE DE DETERMINATION EN TEMPS REEL DE LA MASSE DE  
PARTICULES PRESENTE DANS UN FILTRE A PARTICULES DE  
VEHICULE AUTOMOBILE

5 L'invention concerne un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules pour le moteur à combustion d'un véhicule automobile.

L'invention concerne également l'utilisation de ce procédé dans un procédé de gestion pour un moteur, notamment les moteurs  
10 fonctionnant en mélange pauvre.

En effet, l'hétérogénéité des processus de combustion dans les moteurs fonctionnant en mélange pauvre a pour effet de générer des particules de carbone qui ne peuvent être brûlées efficacement par le moteur. Cela se traduit par l'apparition à l'échappement de fumées  
15 noires, caractéristiques de ce type de moteur, en particulier lors des phases de démarrage et lors des fortes accélérations. Le respect des futures normes législatives impose la mise en œuvre de systèmes de dépollution permettant d'éliminer en totalité les particules ainsi que les oxydes d'azote.

20 Actuellement, on dispose, à cet effet, d'un élément semi-poreux formant un filtre à particules dans la ligne d'échappement, qui permet le passage des composés gazeux tout en retenant les composés particuliers. Dans les moteurs Diesel, les fumées constituent l'élément de base de ces composés particuliers.

25 Cependant, lorsque le filtre est jugé plein, il est nécessaire d'effectuer une purge afin de le régénérer. Ainsi, chaque phase de rétention des particules doit être suivie d'une phase de régénération au cours de laquelle les composés retenus sont éliminés en éléments non polluants (dioxyde de carbone et eau). Une nouvelle phase  
30 d'accumulation des composés particuliers peut alors commencer.

Ces particules sont habituellement éliminées par combustion à une température d'environ 600°C. Cependant, les gaz d'échappement de ces moteurs atteignent rarement une telle température en fonctionnement normal : il est nécessaire d'augmenter spécifiquement  
35 la température lors de la phase de régénération.

Les moyens couramment utilisés passent par la création d'un environnement gazeux chauffé à une température d'environ 600°C.

Cette opération permet de favoriser l'auto-inflammation des particules de carbone retenues dans le filtre. Ces dernières se consomment alors en dégageant de l'énergie, qui en fonction des conditions peut être pondéralement transmise au lit de particules dans le filtre, aux divers éléments constitutifs du système de dépollution (filtre à particules, boîte et enveloppe de maintien, tuyaux, etc...), ou bien véhiculée par le flux de gaz émanant du moteur.

Il est donc important de connaître à chaque instant la masse de particules contenues dans le filtre, en particulier à l'issue d'une régénération, de manière à optimiser la gestion du déroulement des phases de régénération et à contrôler l'intégrité du filtre. En effet, la combustion d'une quantité trop importante de particules peut provoquer une dégradation ou destruction du filtre en raison de la forte exothermicité de cette réaction.

En général, la masse de particules présente dans le filtre est estimée à partir de la mesure de la perte de charge engendrée par le filtre, tel que décrit par exemple dans le document FR-2 774 421. La masse ainsi estimée ne présente toutefois pas toujours une précision suffisante, de sorte que le filtre peut subir des dégradations.

Le document FR-2 657 649 présente, pour différentes conditions de fonctionnement, différentes stratégies de régénération et de pilotage de la régénération. Plus précisément, ce document propose d'utiliser un estimateur de masse de particules contenues dans le filtre pour la mise en œuvre ou l'arrêt des différentes stratégies de régénération utilisées en fonction du régime et de la charge de fonctionnement du moteur. L'estimation de la masse de particules contenue dans le filtre est déterminée en utilisant une différence entre la masse de particules entrant dans le filtre provenant des émissions du moteur et la masse de particules consommée par la combustion des particules dans le filtre. Ces masses sont déterminées directement à partir de cartographies en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur, de sorte qu'elles ne présentent pas non plus toujours une précision suffisante pour éviter une dégradation du filtre.

L'invention vise à pallier ces inconvénients en proposant un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules, qui permet d'obtenir une amélioration de la précision du calcul de la masse.

Le procédé selon l'invention présente en outre l'avantage de ne nécessiter qu'un capteur de température en entrée du filtre, qui ne sera donc pas détérioré au cas où la combustion des particules serait tout de même trop exothermique.

5 A cet effet, l'objet de l'invention concerne un procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules équipant la ligne d'échappement d'un moteur à combustion interne, caractérisé en ce que l'on répète à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations suivante :

10 (i) on mesure à l'instant  $t$  la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules en utilisant un capteur de température,

(ii) on mesure à l'instant  $t$  des paramètres de fonctionnement du moteur au moyen de capteurs,

15 (iii) on relève à l'instant  $t$ , en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur, sur des tables pré-établies, les valeurs des paramètres suivants : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ ,

20 (iv) on calcule, en utilisant les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, à l'instant  $t$ , la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre à particules à l'aide des paramètres suivants : température  $T(t)$ , concentrations en oxydants  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ , et masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ ,  
25 obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,

(v) on calcule, à l'instant  $t$ , la masse de particules présente sur le filtre,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules  $m_c(t-\Delta t)$  obtenue lors du cycle d'opérations précédent suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t,$$

30 où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ ,

(vi) on enregistre la valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  pour l'utiliser dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ .

35 Dans un autre mode de réalisation, au lieu de relever une ou plusieurs valeurs des paramètres  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ ,  $F(t)$ , on la ou les mesure au moyen de capteurs. Ainsi, dans le cas où les trois valeurs

sont mesurées par des capteurs, les étapes (ii), (iii) peuvent être supprimées.

5 L'invention concerne également l'utilisation du procédé de détermination en temps réel de la masse de particules selon l'invention, pour contrôler et/ou commander un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile. Le procédé selon l'invention permettant d'obtenir une meilleure évaluation de la masse de particules présente dans le filtre à chaque instant, il est possible d'interdire le déclenchement d'une régénération si la quantité  
10 de particules détectées risque de mettre en danger l'intégrité du filtre suite à une élévation trop importante de la température au moment de la combustion.

Dans une variante, le procédé de détermination selon l'invention est utilisé lorsque la température en entrée du filtre est comprise entre  
15 250°C et 500°C environ. En dehors de cette plage de températures, un autre procédé de détermination de la masse peut alors être utilisé, par exemple en utilisant une mesure de perte de charge dans le filtre à particules.

L'invention concerne également l'utilisation du procédé de détermination en temps réel de la masse de particules selon l'invention, dans un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile, pour déterminer une masse de particules seuil pour chaque point de fonctionnement du moteur d'un véhicule, en deçà de laquelle le filtre aura tendance à se charger en particules et au-delà de laquelle la vitesse de combustion des particules dans le filtre aura  
25 tendance à augmenter.

L'invention est maintenant décrite en référence aux dessins annexés, non limitatifs, dans lesquels :

- 30 - la figure 1 est une représentation schématique d'un moteur et de sa ligne d'échappement équipée d'un filtre à particules,
- la figure 2 est le tracé de la masse de particules présente dans le filtre calculée selon le procédé de l'invention ( $m_c$ ) et la masse de particules mesurée par pesée ( $m_p$ ) en fonction  
35 du temps.

En référence à la figure 1, un moteur 1 est relié à une ligne d'échappement des gaz 2 équipée d'un filtre à particules 3. En amont

du filtre 3, par rapport au sens de circulation des gaz d'échappement, un catalyseur d'oxydation 4 est installé sur la ligne d'échappement pour oxyder le monoxyde d'azote des gaz d'échappement en oxydes d'azote  $\text{NO}_x$ .

5 Un capteur de température 5 est prévu sur la ligne d'échappement, en entrée du filtre à particules 3.

Des capteurs de vitesse du moteur 6 et de la charge du moteur 7 sont prévus au niveau du moteur pour mesurer la vitesse  $N_e$  du moteur (nombre de tours par minute) et la charge  $Q$  du moteur correspondant à l'enfoncement de la pédale d'accélérateur.

10 Des capteurs de pression 8 et 9 sont placés respectivement en entrée et en sortie du filtre à particules 3.

Les différents capteurs 5 à 9 sont reliés à un calculateur 10 dans lequel des tables, ou cartographies, caractéristiques du moteur sont enregistrées. Ces tables sont pré-établies par des mesures préalables réalisées pour chaque moteur.

Le procédé de détermination de la masse de particules  $m_c(t)$  présente à l'instant  $t$  dans le filtre est maintenant décrit.

20 Ce procédé consiste à répéter à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations décrite ci-après.

(i) Dans une première opération, on mesure, à l'instant  $t$ , la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules en utilisant le capteur de température 5. La valeur obtenue est enregistrée dans le calculateur 10.

25 (ii) Sensiblement simultanément, on mesure à l'instant  $t$  les paramètres de fonctionnement du moteur  $N_e$  et  $Q$  au moyen des capteurs 6 et 7. Les valeurs mesurées sont également enregistrées dans le calculateur 10.

30 (iii) Ensuite, le calculateur 10 utilise des tables pré-établies fonctions des valeurs  $N_e$  et  $Q$  pour relever les valeurs des paramètres suivants en utilisant comme entrées les valeurs  $N_e$  et  $Q$  mesurées à l'instant  $t$  : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, et vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ . Ces valeurs relevées correspondent aux valeurs à l'instant  $t$  et sont  
35 enregistrées dans le calculateur 10.

Il est toutefois possible de remplacer cette opération de lecture sur des tables par des mesures de capteur placés en entrée du filtre pour mesurer les concentrations en oxygène  $[O_2(t)]$  et en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  et par une mesure d'un analyseur de particules (également placé en entrée du filtre) pour mesurer la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ . L'étape (ii) peut alors être supprimée.

(iv) Le calculateur 10 procède ensuite au calcul de la vitesse de combustion  $V(t)$ , à l'instant  $t$ , des particules dans le filtre à particules. Comme données d'entrées, le calculateur utilise les paramètres précédemment mesurés ou relevés : température  $T(t)$ , concentrations en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  et oxygène  $[O_2(t)]$ , ainsi que la masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ , obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ . A cet effet, le calculateur utilise les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, dont les formules sont pré-enregistrées. Ces lois seront détaillées plus loin.

(v) A l'opération suivante, le calculateur calcule la masse de particules présente sur le filtre à l'instant  $t$ ,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,  $m_c(t-\Delta t)$ , suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t, \quad (E)$$

où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ .

(vi) La valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  est alors enregistrée pour être utilisée comme valeur d'entrée dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ , notamment dans les opérations (iv) et (v).

La suite d'opérations décrite ci-dessus est ensuite exécutée à nouveau à l'instant  $t+\Delta t$ .

A l'instant initial  $t_i$ , aucune masse  $m_c(t-\Delta t)$  n'étant disponible, le calculateur utilise alors une masse de particules présente sur le filtre  $m_{pression}(t_i)$  estimée en utilisant de manière classique la perte de charge ou différence de pression  $\Delta P$  à l'instant  $t_i$  entre l'entrée et la sortie du filtre 3. Cette différence de pression est par exemple calculée en utilisant comme valeurs d'entrées les mesures des capteurs de pression 8 et 9.

Il est également possible d'avoir recours à cette masse de particules estimée  $m_{pression}$  à des instants  $t$  ultérieurs du fonctionnement



du moteur, par exemple à des fins de contrôle de la masse calculée  $m_c(t)$  selon le procédé de l'invention.

La masse de particules présente sur le filtre est ainsi corrigée en temps réel en fonction du point de fonctionnement du moteur, ce qui permet d'atteindre une précision nettement supérieure aux procédés connus de détermination de la masse.

Nous allons maintenant décrire les lois de cinétique utilisées par le calculateur selon l'invention.

La réaction de combustion des particules (suies) dans un filtre à particules catalysé (phase active du filtre comprenant un catalyseur), est initiée suivant trois processus différents et complémentaires :

(1) Le premier processus correspond à la combustion des particules par oxydation par les oxydes d'azote  $NO_x$  contenus dans les gaz d'échappement ou formés par réaction du monoxyde d'azote sur des sites platine présents dans la phase active déposée par le filtre. Cette réaction se déroule dans la plage de 250 à 500°C environ.

(2) Le second processus correspond à l'action du catalyseur de la phase active du filtre. Le catalyseur présente un caractère donneur d'oxygène et fournit de l'oxygène pour l'oxydation des particules. Ce processus débute autour de 350°C.

(3) Le troisième processus correspond à la combustion des particules par l'oxygène présent dans les gaz d'échappement. Initié vers 450-500°C, ce processus s'intensifie avec la température et est responsable en particulier de la régénération active du filtre vers 600°C.

Les vitesses de réaction de ces différents processus peuvent être mises en équations cinétiques sous la forme suivante (les vitesses sont exprimées en mg/s) :

Processus (1) :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea_1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a_1} \times [NO_x(t)]^b$$

Processus (2) :

$$V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea_2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a_2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c$$

Processus (3) :

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea_3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a_3} \times [O_2(t)]^d$$

Dans lesquelles :

$T(t)$  représente la température mesurée en entrée du filtre,  
 $m_c(t-\Delta t)$  représente la masse de particules (en grammes)  
 présente sur le filtre à l'instant  $t-\Delta t$  et calculée lors de la suite  
 d'opérations précédemment exécutée,

$[NO_x(t)]$  représente la concentration en oxydes d'azote (en ppm)  
 dans les gaz d'échappement entrant dans le filtre à l'instant  $t$ ,

$[O_{2catalyseur}(t)]$  représente la concentration en oxygène (en  
 pourcentage) disponible dans la phase active ("wash coat") à  
 l'instant  $t$ ,

$[O_2(t)]$  représente la concentration en oxygène (en pourcentage)  
 dans les gaz d'échappement entrant dans le filtre à l'instant  $t$ ,

$K_1, K_2, K_3$  sont les facteurs pré exponentiels des réactions de  
 combustion des processus (1), (2), (3) respectivement,

$Ea1, Ea2, Ea3$  sont les énergies d'activation des réactions de  
 combustion des processus (1), (2), (3) respectivement,

$a1, a2, a3, b, c, d$  sont les ordres partiels des réactions vis à vis  
 de la masse de suie et de l'oxydant ( $NO_x$  ou  $O_2$ ),

$R$  est la constante des gaz parfaits.

Les paramètres cinétiques  $K_1, K_2, K_3, Ea1, Ea2, Ea3, a1, a2, a3, b,$   
 $c, d$ , sont déterminés expérimentalement de manière classique.

Dans le cas de la première équation de vitesse :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a1} \times [NO_x(t)]^b,$$

les valeurs suivantes peuvent être utilisées (pour  $x = 2$ ) :

$$-5000 < Ea1/R < -2000$$

$$0,2 < a1 < 1$$

$$0,2 < b < 2$$

Le facteur pré-exponentiel  $K_1$  varie en fonction de la concentration  
 en dioxyde d'azote :

$$\text{Si } [NO_2(t)] > 90 \text{ ppm : } K_1 = ([NO_2(t)]^2 \times m) - ([NO_2(t) \times n]) + p,$$

$$\text{Où : } 10^{-8} < m < 10^{-6}$$

$$10^{-6} < n < 10^{-4}$$

$$10^{-4} < p < 10^{-2},$$

$$\text{Si } [NO_2(t)] < 90 \text{ ppm : } K_1 = q \text{ où } 10^{-6} < q < 10^{-3}.$$

Dans le cas de la deuxième équation de vitesse :

$$V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c,$$

les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

$$-2500 < Ea2/R < -1000$$

$$1 < a2 < 2,5$$

$$0 < c < 1,5$$

5 Le facteur pré-exponentiel  $K_2$  varie en fonction de la température d'entrée dans le filtre ou de la quantité d'oxygène :

$$\text{Si } T(t) > 260^\circ\text{C} : K_2 = ([T(t)]^2 \times j) - ([T(t) \times k]) + l ,$$

$$\text{Où : } 10^{-9} < j < 10^{-7}$$

$$10^{-6} < k < 10^{-4}$$

$$10^{-3} < l < 10^{-2},$$

$$\text{Si } T(t) < 260^\circ\text{C} \text{ ou } [O_2(t)] < 4,6 \% : K_2 = i \text{ où } 0 < i < 0,2.$$

Dans le cas de la troisième équation de vitesse :

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a3} \times [O_2(t)]^d ,$$

15 les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

$$-25000 < Ea3/R < -10000$$

$$0,5 < a3 < 2$$

$$0 < d < 1,5$$

$$\text{si } [O_2] < 4,6 \% \quad K_3 = e^g \text{ où } 15 < g < 30.$$

$$20 \quad \text{sinon } K_3 = n \text{ où } 0 < n < 0,2$$

Ces paramètres, ainsi que les formules des vitesses cinétiques, sont enregistrés dans le calculateur 10 et utilisés pour calculer la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre. Cette vitesse  $V(t)$  est la somme des vitesses des trois processus :

$$25 \quad V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} + V_{O_2 \text{ catalyseur}} ,$$

On comprendra, que dans ce cas, seules les concentrations  $[NO_x^{(u)}]$  et  $[O_2^{(u)}]$  peuvent être éventuellement mesurées par des capteurs, mais pas  $[O_{2 \text{ catalyseur}}(t)]$ . L'étape (ii) de mesure des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ) ne peut alors être supprimée.

30 Lorsque le filtre 3 ne comporte pas de catalyseur, alors la réaction de combustion selon le processus (2) ne se produit pas. La vitesse de combustion est alors :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} .$$

35 La valeur de la vitesse de combustion ainsi calculée peut être utilisée pour le calcul de la masse de particules présente dans le filtre  $m_c(t)$ , en utilisant l'équation (E).

La figure 2 montre la bonne adéquation entre la masse de particules calculée selon le procédé de l'invention ( $m_c$ ) et la masse de particules effectivement présente dans le filtre et déterminée par pesée ( $m_p$ ).

5

La suite d'opérations utilisée pour calculer la masse de particules selon l'invention est exécutée de préférence à des intervalles de temps  $\Delta t$  de l'ordre d'une seconde. Bien entendu, d'autres valeurs peuvent être utilisées.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de détermination en temps réel de la masse de particules présente dans un filtre à particules (3) équipant la ligne d'échappement (2) d'un moteur à combustion interne (1), caractérisé en ce que l'on répète à des intervalles de temps  $\Delta t$  déterminés la suite d'opérations suivante :

(i) on mesure à l'instant  $t$  la température  $T(t)$  des gaz d'échappement à l'entrée du filtre à particules (3) en utilisant un capteur de température (5),

(ii) on mesure à l'instant  $t$  des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ) au moyen de capteurs (6, 7),

(iii) on relève à l'instant  $t$ , en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur ( $N_e$ ,  $Q$ ), sur des tables pré-établies, les valeurs des paramètres suivants : concentration en oxygène  $[O_2(t)]$  et concentration en oxydes d'azote  $[NO_x(t)]$  des gaz d'échappement entrant dans le filtre à particules, la vitesse d'émission de particules du moteur  $F(t)$ ,

(iv) on calcule, en utilisant les lois de cinétique des réactions chimiques de combustion des particules, à l'instant  $t$ , la vitesse de combustion  $V(t)$  des particules dans le filtre à particules à l'aide des paramètres suivants : température  $T(t)$ , concentrations en oxydants  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ , et masse de particules présente dans le filtre,  $m_c(t-\Delta t)$ , obtenue lors du cycle d'opérations précédent à l'instant  $t-\Delta t$ ,

(v) on calcule, à l'instant  $t$ , la masse de particules présente sur le filtre,  $m_c(t)$ , en utilisant la masse de particules  $m_c(t-\Delta t)$  obtenue lors du cycle d'opérations précédent suivant la formule suivante :

$$m_c(t) = m_c(t-\Delta t) + [F(t) - V(t)] * \Delta t,$$

où  $\Delta t$  est l'intervalle de temps entre les instants  $t-\Delta t$  et  $t$ ,

(vi) on enregistre la valeur de la masse de particules  $m_c(t)$  présente sur le filtre calculée à l'instant  $t$  pour l'utiliser dans la suite d'opérations suivante à l'instant  $t+\Delta t$ .

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au lieu de relever une ou plusieurs valeurs des paramètres  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$ ,  $F(t)$ , sur des tables pré-établies, on la ou les mesure au moyen de capteurs.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour le calcul de la vitesse de combustion  $V(t)$ , on considère les réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $NO_x$  et

par l'oxygène  $O_2$ , la vitesse de combustion étant la somme des vitesses des réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $V_{NO_x}$  et par l'oxygène  $V_{O_2}$  :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2},$$

5 où :

$$V_{NO_x} = K_1 e^{-Ea1/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a1} \times [NO_x(t)]^b$$

$$V_{O_2} = K_3 e^{-Ea3/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a3} \times [O_2(t)]^d$$

10 où  $T(t)$ ,  $[O_2(t)]$ ,  $[NO_x(t)]$  sont déterminées au cours de l'opération précédente (iii),  $a1$ ,  $a3$ ,  $b$  et  $d$  sont les ordres partiels des réactions de combustion, et  $Ea1$  et  $Ea3$  sont les énergies d'activation des réactions de combustion par les oxydes d'azote et l'oxygène respectivement.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel le filtre à  
15 particules comporte une phase active pour catalyser la combustion des particules, caractérisé en ce que, lors du calcul de la vitesse de combustion, on considère en outre la réaction de combustion des particules par l'oxygène présent dans la phase active du filtre à particules, la vitesse de combustion étant la somme des vitesses des réactions de combustion des particules par les oxydes d'azote  $V_{NO_x}$ , par  
20 l'oxygène  $V_{O_2}$  et par l'oxygène de la phase active  $V_{O_{2catalyseur}}$  :

$$V(t) = V_{NO_x} + V_{O_2} + V_{O_{2catalyseur}}$$

$$\text{où } V_{O_{2catalyseur}} = K_2 e^{-Ea2/RT(t)} \times [m_c(t - \Delta t)]^{a2} \times [O_{2catalyseur}(t)]^c$$

25 où  $[O_{2catalyseur}(t)]$  est la concentration d'oxygène dans la phase active du filtre relevée sur une table pré-établie lors d'une opération précédente en fonction des paramètres de fonctionnement du moteur (Ne, Q) à l'instant  $t$ ,  $a2$  et  $c$  sont les ordres partiels et  $Ea2$  l'énergie d'activation de la réaction de combustion par l'oxygène de la phase active.

30 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, à l'instant initial  $t_i$ , la masse de particules présente dans le filtre  $m_c(t - \Delta t)$  utilisée dans les opérations (iv) et (v) est remplacée par une masse de particules présente dans le filtre ( $m_{pression}(t_i)$ ) estimée à partir d'une mesure, à l'instant  $t_i$ , de la perte de charge entre l'entrée et la sortie du filtre.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la masse de particules présente dans le filtre ( $m_{pression}$ ) estimée à partir d'une mesure de la perte de charge entre l'entrée et la sortie du filtre est utilisée dans les opérations (iv) et (v) à un instant  $t$  différent de l'instant initial.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la mesure des paramètres de fonctionnement du moteur comprend les étapes consistant à :

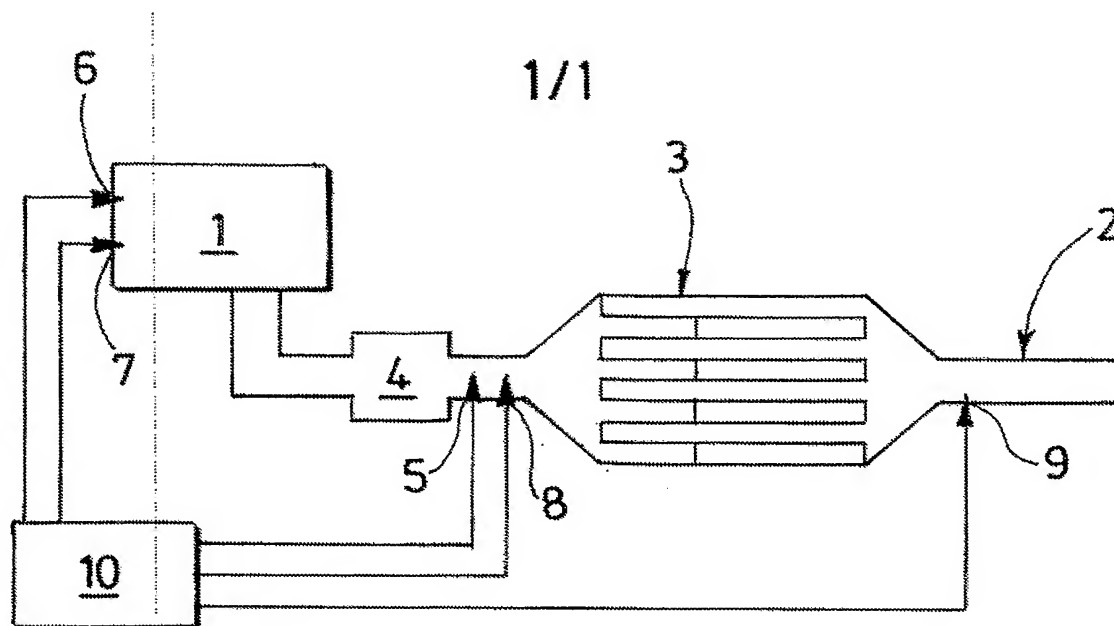
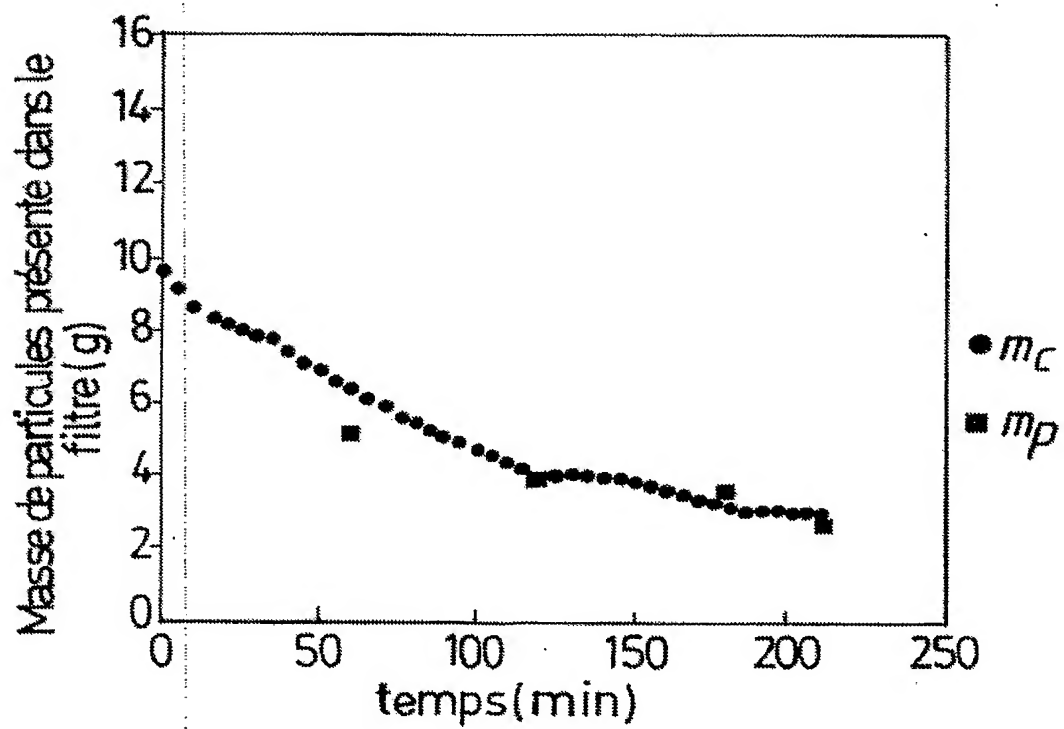
- capter la vitesse de rotation du moteur,  $N_e$ , en utilisant un capteur de vitesse (6),

- capter la charge du moteur,  $Q$ , en utilisant un capteur de charge (7).

8. Utilisation du procédé de détermination selon l'une des revendications précédentes, pour contrôler et/ou commander un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile.

9. Utilisation selon la revendication 8, dans laquelle le procédé de détermination est utilisé lorsque la température en entrée du filtre est comprise entre 250°C et 500°C environ.

10. Utilisation du procédé de détermination selon l'une des revendications 1 à 7, dans un procédé de gestion de la régénération d'un filtre à particules de véhicule automobile, pour déterminer une masse de particules seuil pour chaque point de fonctionnement du moteur d'un véhicule, en deçà de laquelle le filtre aura tendance à se charger en particules et au-delà de laquelle la vitesse de combustion des particules dans le filtre aura tendance à augmenter.

FIG.1FIG.2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050694A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KLADOPOULOU, E. ET AL.: "A Study Describing the Performance of Diesel Particulate Filters During Loading and Regeneration - A Lumped Parameter Model for Control Applications" SAE TECHNICAL PAPERS SERIES, no. SAE-2003-01-0842, 3 March 2003 (2003-03-03), XP002328841	1,2,5, 7-10
Y	figure 7 page 6, right-hand column - page 8, right-hand column ----- -/--	3,4,6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2005

Date of mailing of the international search report

06/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050694

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KONSTANDOPOULOS, A. G. ET AL.: "Fundamental Studies of Diesel Particulate Filters: Transient Loading, Regeneration, Aging" SAE TECHNICAL PAPER SERIES, no. 2000-01-1016, 6 March 2000 (2000-03-06), pages 1-23, XP002328842 DETROIT page 21 - page 22	3,4
Y	FR 2 657 649 A (NISSAN MOTOR) 2 August 1991 (1991-08-02) cited in the application page 19, line 1 - page 26, line 9 figure 16	6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5 August 2002 (2002-08-05) -& JP 2002 097930 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 5 April 2002 (2002-04-05) cited in the application abstract; figures 2-4	1,2,5-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 03, 5 May 2003 (2003-05-05) -& JP 2002 332823 A (TOYOTA MOTOR CORP), 22 November 2002 (2002-11-22) abstract; figures 15-17	1-10
A	DE 102 34 340 A (ENGELHARD TECHNOLOGIES GMBH ; VOLKSWAGENWERK AG (DE)) 9 October 2003 (2003-10-09) abstract paragraphs '0009!, '0015! - '0020!	1-10
A	EP 1 108 862 A (VOLKSWAGENWERK AG) 20 June 2001 (2001-06-20) paragraph '0024!	1-10
A	FR 2 774 421 A (PEUGEOT) 6 August 1999 (1999-08-06) cited in the application the whole document	1-10

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050694

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2657649	A	02-08-1991	JP 2616074 B2	04-06-1997
			JP 3199613 A	30-08-1991
			JP 2616075 B2	04-06-1997
			JP 3199614 A	30-08-1991
			JP 2623879 B2	25-06-1997
			JP 3199615 A	30-08-1991
			JP 2626111 B2	02-07-1997
			JP 3199616 A	30-08-1991
			DE 4041917 A1	04-07-1991
			DE 4042562 C2	03-04-1997
			DE 4042563 C2	03-04-1997
			FR 2657649 A1	02-08-1991
			GB 2239407 A ,B	03-07-1991
			KR 9409048 B1	29-09-1994
			US 5287698 A	22-02-1994
			US 5319930 A	14-06-1994
			US 5195316 A	23-03-1993
JP 2002097930	A	05-04-2002	JP 3598961 B2	08-12-2004
JP 2002332823	A	22-11-2002	NONE	
DE 10234340	A	09-10-2003	DE 10234340 A1	09-10-2003
			FR 2840644 A1	12-12-2003
EP 1108862	A	20-06-2001	DE 19961166 A1	21-06-2001
			EP 1108862 A2	20-06-2001
FR 2774421	A	06-08-1999	FR 2774421 A1	06-08-1999

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050694

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 F02D41/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F02D F01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	KLADOPOULOU, E. ET AL.: "A Study Describing the Performance of Diesel Particulate Filters During Loading and Regeneration - A Lumped Parameter Model for Control Applications" SAE TECHNICAL PAPERS SERIES, no. SAE-2003-01-0842, 3 mars 2003 (2003-03-03), XP002328841	1,2,5, 7-10
Y	figure 7 page 6, colonne de droite - page 8, colonne de droite ----- -/-	3,4,6

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

06/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Röttger, K

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	KONSTANDOPOULOS, A. G. ET AL.: "Fundamental Studies of Diesel Particulate Filters: Transient Loading, Regeneration, Aging" SAE TECHNICAL PAPER SERIES, no. 2000-01-1016, 6 mars 2000 (2000-03-06), pages 1-23, XP002328842 DETROIT page 21 - page 22	3,4
Y	FR 2 657 649 A (NISSAN MOTOR) 2 août 1991 (1991-08-02) cité dans la demande page 19, ligne 1 - page 26, ligne 9 figure 16	6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 08, 5 août 2002 (2002-08-05) -& JP 2002 097930 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 5 avril 2002 (2002-04-05) cité dans la demande abrégé; figures 2-4	1,2,5-10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 03, 5 mai 2003 (2003-05-05) -& JP 2002 332823 A (TOYOTA MOTOR CORP), 22 novembre 2002 (2002-11-22) abrégé; figures 15-17	1-10
A	DE 102 34 340 A (ENGELHARD TECHNOLOGIES GMBH ; VOLKSWAGENWERK AG (DE)) 9 octobre 2003 (2003-10-09) abrégé alinéas '0009!, '0015! - '0020!	1-10
A	EP 1 108 862 A (VOLKSWAGENWERK AG) 20 juin 2001 (2001-06-20) alinéa '0024!	1-10
A	FR 2 774 421 A (PEUGEOT) 6 août 1999 (1999-08-06) cité dans la demande le document en entier	1-10

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2004/050694

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2657649	A	02-08-1991	JP 2616074 B2	04-06-1997
			JP 3199613 A	30-08-1991
			JP 2616075 B2	04-06-1997
			JP 3199614 A	30-08-1991
			JP 2623879 B2	25-06-1997
			JP 3199615 A	30-08-1991
			JP 2626111 B2	02-07-1997
			JP 3199616 A	30-08-1991
			DE 4041917 A1	04-07-1991
			DE 4042562 C2	03-04-1997
			DE 4042563 C2	03-04-1997
			FR 2657649 A1	02-08-1991
			GB 2239407 A ,B	03-07-1991
			KR 9409048 B1	29-09-1994
			US 5287698 A	22-02-1994
			US 5319930 A	14-06-1994
			US 5195316 A	23-03-1993
JP 2002097930	A	05-04-2002	JP 3598961 B2	08-12-2004
JP 2002332823	A	22-11-2002	AUCUN	
DE 10234340	A	09-10-2003	DE 10234340 A1	09-10-2003
			FR 2840644 A1	12-12-2003
EP 1108862	A	20-06-2001	DE 19961166 A1	21-06-2001
			EP 1108862 A2	20-06-2001
FR 2774421	A	06-08-1999	FR 2774421 A1	06-08-1999